

14.11

Patent Abstracts of Japan

D1

PUBLICATION NUMBER : 09279280  
PUBLICATION DATE : 28-10-97

APPLICATION DATE : 12-04-96  
APPLICATION NUMBER : 08090706

x-Dokument

APPLICANT : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE;

INVENTOR : OKITA TOMIHARU;

INT.CL. : C22C 21/06

TITLE : ALUMINUM-MAGNESIUM-SILICON ALLOY EXCELLENT IN WELDABILITY

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To produce an Al-Mg-Si alloy material not only having weldability more excellent than that of the conventional Al-Mg-Si alloy, but also having  $\geq 150\text{N/mm}^2$  tensile strength and furthermore excellent in corrosion resistance and workability in extrusion, rolling, forging or the like.

SOLUTION: This Al-Mg-Si alloy excellent in weldability has a compsn. contg., by weight, 0.2 to 2.0% Mg, 0.15 to 1.5% Si and 0.03 to 3.0% Sc, contg., at need, at least one kind among the following [group 1], [group 2] and [group 3], and the balance aluminum with inevitable impurities: [group 1]: at least one kind of  $\leq 1.0\%$  Cu and  $\leq 1.0\%$  Ag; [group 2]: at least one kind among  $\leq 0.5\%$  Fe,  $\leq 1.5\%$  Mn,  $\leq 0.6\%$  Cr,  $\leq 0.5\%$  V,  $\leq 1.0\%$  Ni,  $\leq 0.5\%$  V,  $\leq 1.0\%$  Ni,  $\leq 0.5\%$  Mo and  $\leq 2.0\%$  rare earth elements and [group 3] at least one kind among  $\leq 0.2\%$  Ti,  $\leq 0.08\%$  B and  $\leq 0.3\%$  Zr.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(C) WPI/Derwent

X-Dokument

AN - 1998-015156 [02]  
 AP - JP19960090706 19960412; [Previous Publ. JP9279280 ]  
 CPY - SKYA  
   - FURU  
 DC - M26  
 FS - CPI  
 IC - C22C21/02 ; C22C21/06  
 MC - M26-B09 M26-B09M M26-B09S M26-B09X  
 PA - (SKYA ) SKY ALUMINIUM CO LTD  
   - (FURU ) FURUKAWA ELECTRIC CO LTD  
 PN - JP3594270B2 B2 20041124 DW200477 C22C21/06 024pp  
   - JP9279280 A 19971028 DW199802 C22C21/06 016pp  
 PR - JP19960090706 19960412  
 XA - C1998-005922  
 XIC - C22C-021/02 ; C22C-021/06  
 AB - J09279280 The Al-Mg-Si alloy comprises (by wt.) 0.2-2.0% Mg, 0.15-1.5%  
   Si, 0.03-3.0% Sc, and balance Al and incidental impurities.  
   - USE - For welded structural members, as rolled material, extruded  
   material and forged material.  
   - (Dwg.0/1)  
 IW - ALUMINIUM@ ALLOY IMPROVE WELD MAGNESIUM@ SILICON@ SCANDIUM  
 IKW - ALUMINIUM@ ALLOY IMPROVE WELD MAGNESIUM@ SILICON@ SCANDIUM  
 NC - 001  
 OPD - 1996-04-12  
 ORD - 1997-10-28  
 PAW - (SKYA ) SKY ALUMINIUM CO LTD  
   - (FURU ) FURUKAWA ELECTRIC CO LTD  
 TI - Aluminium@ alloy with improved weldability - includes magnesium@,  
   silicon@ and scandium

[Translator's Note: The proper names with doubtful reading are marked blue in the translation]

(19) Japan Patent Office (JP) (12) **KOKAI TOKKYO KOHO (A)** (11) Unexamined Patent Application  
Publication No. Tokkai Hei9-279280  
(43) Publication date:  
Heisei 9 (1997) October 28

(51) Int. Cl.<sup>6</sup> ID No F1 Technical Display  
C22C 21/06 C22C 21/06

Examination: Not yet applied for Claims: 8 OL (Total 16 Pages)

<p>(21) Application No.: Tokugan Hei8-90706</p> <p>(22) Application Date: Heisei 8 (1996) April 12</p>	<p>(71) Applicant 000005290 The Furukawa Electric Co., Ltd. 2-6-1 Marunouchi, Chiyoda-Ku, Tokyo-To</p> <p>(72) Inventor OKITA TOMIHARU The Furukawa Electric Co., Ltd. 2-6-1 Marunouchi, Chiyoda-Ku, Tokyo-To</p>
--	---

(54) [Title of Invention] Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability

(57) [Summary]

[Problem] To develop Al-Mg-Si system alloy material having not only better weldability and corrosion resistance as compared to the existing Al-Mg-Si system alloys but also tensile strength  $\geq 150\text{N/mm}^2$  and excellent workability for performing extrusion, rolling, forging, etc.

[Solution] Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc and, if necessary, at least one of the additive elements from the under-mentioned [Group 1], [Group 2] and [Group 3], and the rest Al and inescapable impurities

[Group 1]: At least one selected from  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Cu and  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ag

[Group 2]: At least one selected from  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Fe,  $\leq 1.5\text{wt}\%$  Mn,  $\leq 0.6\text{wt}\%$  Cr,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  V,  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ni,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Mo and  $\leq 2.0\text{wt}\%$  rare earth elements

[Group 3]: At least one selected from  $\leq 0.2\text{wt}\%$  Ti,  $\leq 0.08\text{wt}\%$  B and  $\leq 0.3\text{wt}\%$  Zr

[Claims]

[Claim 1] Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc, and the rest Al and inescapable impurities

[Claim 2] Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc and at least one selected from  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Cu and  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ag, and the rest Al and inescapable impurities

[Claim 3] Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc and at least one selected from  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Fe,  $\leq 1.5\text{wt}\%$  Mn,  $\leq 0.6\text{wt}\%$  Cr,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  V,  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ni,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Mo and  $\leq 2.0\text{wt}\%$  rare earth elements, and the rest Al and inescapable impurities

[Claim 4] Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc, and at least one selected from  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Cu and  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ag, and at least one selected from  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Fe,  $\leq 1.5\text{wt}\%$  Mn,  $\leq 0.6\text{wt}\%$  Cr,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  V,  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ni,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Mo and  $\leq 2.0\text{wt}\%$  rare earth elements, and the rest Al and inescapable impurities

[Claim 5] Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc and at least one selected from  $\leq 0.2\text{wt}\%$  Ti,  $\leq 0.08\text{wt}\%$  B and  $\leq 0.3\text{wt}\%$  Zr, and the rest Al and inescapable impurities

[Claim 6] Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc, and at least one selected from  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Cu and  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ag, and at least one selected from  $\leq 0.2\text{wt}\%$  Ti,  $\leq 0.08\text{wt}\%$  B and  $\leq 0.3\text{wt}\%$  Zr, and the rest Al and inescapable impurities

[Claim 7] Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc, and at least one selected from  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Fe,  $\leq 1.5\text{wt}\%$  Mn,  $\leq 0.6\text{wt}\%$  Cr,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  V,  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ni,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Mo and  $\leq 2.0\text{wt}\%$  rare earth elements, and at least one selected from  $\leq 0.2\text{wt}\%$  Ti,  $\leq 0.08\text{wt}\%$  B and  $\leq 0.3\text{wt}\%$  Zr, and the rest Al and inescapable impurities

[Claim 8] Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc, and at least one selected from  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Cu and  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ag, and at least one from  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Fe,  $\leq 1.5\text{wt}\%$  Mn,  $\leq 0.6\text{wt}\%$  Cr,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  V,  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ni,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Mo and  $\leq 2.0\text{wt}\%$  rare earth elements, and at least one selected from  $\leq 0.2\text{wt}\%$  Ti,  $\leq 0.08\text{wt}\%$  B and  $\leq 0.3\text{wt}\%$  Zr, and the rest Al and inescapable impurities

[Detailed Explanation of the Invention]

[0001]

[Industrial Applications] The invention deals with Al-Mg-Si system Al alloy having medium strength with tensile strength  $\geq 150\text{N/mm}^2$  and usable in welding structures as rolling material, extrusion material and forging material.

[0002]

[Existing Technology] Recently, with the increasing trend of making thinner and lighter parts for buildings, automobiles, ships, aircrafts, etc., the demand of medium-strength easily mouldable Al-Mg-Si system Al alloys having excellent weldability and free from corrosion and stress-corrosion cracks has increased. Conventionally, the Al-Mg-Si system Al alloys such as A6061, A6063, A6N01, etc., of JIS have been considered for such applications.

[0003]

[Problem to be solved by the Invention] When Al-Mg-Si system Al alloys such as A6061, A6063, A6N01, etc., are welded, they become prone to develop welding cracks in the beads and boundary parts and micro-cracks in the part affected by the welding heat. Therefore, improved welding material, improved welding method and the combination thereof were adopted to solve the said problems. For example, when crystal grains of the material are made finer and its structure is made fibrous, formation of the welding cracks and micro-cracks is controlled. Therefore, attempts are being made to solve the said problems by improving the manufacturing process (combination of working and heat treatment) and by improving the welding execution method and welding conditions. However, as the said methods require special manufacturing process, the cost of material production increases and the welding execution and welding management become complicated.

[Steps to solve the Problem]

[0004] Extensive study conducted in view of the above-mentioned scenario revealed that the newly developed Al-Mg-Si system alloy material not only solves the problems of the existing Al-Mg-Si system alloy materials but has tensile strength  $\geq 150\text{N/mm}^2$ , excellent corrosion resistance, and excellent workability for performing extrusion, rolling, forging, etc.

[0005] Precisely, first claim of the invention comprises the Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc, and the rest Al and inescapable impurities.

[0006] Second claim of the invention comprises the Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc and at least one selected from  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Cu and  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ag, and the rest Al and inescapable impurities.

[0007] Third claim of the invention comprises the Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc and at least one selected from  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Fe,  $\leq 1.5\text{wt}\%$  Mn,  $\leq 0.6\text{wt}\%$  Cr,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  V,  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ni,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Mo and  $\leq 2.0\text{wt}\%$  rare earth elements, and the rest Al and inescapable impurities.

[0008] Fourth claim of the invention comprises the Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc, and at least one selected from  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Cu and  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ag, and at least one selected from  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Fe,  $\leq 1.5\text{wt}\%$  Mn,  $\leq 0.6\text{wt}\%$  Cr,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  V,  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ni,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Mo and  $\leq 2.0\text{wt}\%$  rare earth elements, and the rest Al and inescapable impurities.

[0009] Fifth claim of the invention comprises the Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc and at least one selected from  $\leq 0.2\text{wt}\%$  Ti,  $\leq 0.08\text{wt}\%$  B and  $\leq 0.3\text{wt}\%$  Zr, and the rest Al and inescapable impurities.

[0010] Sixth claim of the invention comprises the Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc, and at least one selected from  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Cu and  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ag, and at least one selected from  $\leq 0.2\text{wt}\%$  Ti,  $\leq 0.08\text{wt}\%$  B and  $\leq 0.3\text{wt}\%$  Zr, and the rest Al and inescapable impurities.

[0011] Seventh claim of the invention comprises the Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc, and at least one selected from  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Fe,  $\leq 1.5\text{wt}\%$  Mn,  $\leq 0.6\text{wt}\%$  Cr,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  V,  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ni,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Mo and  $\leq 2.0\text{wt}\%$  rare earth elements, and at least one selected from  $\leq 0.2\text{wt}\%$  Ti,  $\leq 0.08\text{wt}\%$  B and  $\leq 0.3\text{wt}\%$  Zr, and the rest Al and inescapable impurities.

[0012] Eighth claim of the invention comprises the Al-Mg-Si system alloy having excellent weldability containing 0.2~2.0wt% Mg, 0.15~1.5wt% Si and 0.03~3.0wt% Sc, and at least one selected from  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Cu and  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ag, and at least one selected from  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Fe,  $\leq 1.5\text{wt}\%$  Mn,  $\leq 0.6\text{wt}\%$  Cr,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  V,  $\leq 1.0\text{wt}\%$  Ni,  $\leq 0.5\text{wt}\%$  Mo and  $\leq 2.0\text{wt}\%$  rare earth elements, and at least one from  $\leq 0.2\text{wt}\%$  Ti,  $\leq 0.08\text{wt}\%$  B and  $\leq 0.3\text{wt}\%$  Zr, and the rest Al and inescapable impurities.

[0013]

[Function] Role of the additive elements and reasons for limiting their content to the specified limits in the Al-Mg-Si system alloys having excellent weldability of this invention are explained below.

[0014] In the presence of Si, Mg forms  $Mg_2Si$  and provides age hardening. Therefore, Mg is indispensable element for improving strength of the alloy and obtaining tensile strength  $\geq 150N/mm^2$ . When Mg content is less than 0.2wt%, adequate strength is not obtained and, when it is more than 2.0wt%, weldability, workability and corrosion resistance of the alloy deteriorate. Therefore, it is desirable to use 0.2~2.0wt% or preferably 0.4~1.6wt% Mg. Si forms  $Mg_2Si$  with Mg and provides age hardening. Therefore, Si is indispensable element for improving strength of the alloy and obtaining tensile strength  $\geq 150N/mm^2$ . When Si content is less than 0.15wt%, adequate strength is not obtained and, when it is more than 1.5wt%, weldability and corrosion resistance of the alloy deteriorate. Therefore, it is desirable to use 0.15~1.5wt% or preferably 0.2~1.3wt% Si. Sc is indispensable for improving resistance of the alloy to the formation of welding cracks. Sc also improves strength of the alloy. When Sc content is less than 0.03wt%, its effect is inadequate and, when it is more than 3.0wt%, strength and workability of the alloy may deteriorate. Therefore, it is desirable to use 0.03~3.0wt% or preferably 0.1~2.5wt% Sc.

[0015] Cu improves strength of the alloy, but its corrosion resistance and workability deteriorate if the Cu content therein is more than 1.0wt%. Therefore, it is desirable to use  $\leq 1.0wt\%$  Cu. When Cu content is less than 0.1wt%, its effect is inadequate. It is most desirable to use 0.10~0.7wt% Cu.

[0016] Ag improves weldability and strength of the alloy. However, when Ag content is more than 1.0wt%, workability and weldability of the alloy deteriorate. Therefore, it is desirable to use  $\leq 1.0wt\%$  Ag. When Ag content is less than 0.03wt%, its effect is inadequate. It is most desirable to use 0.05~0.7wt% Ag.

[0017] Each of Fe, Mn, Cr, V, Ni, Mo and rare earth elements improves weldability and strength of the alloy; one or more of them can be added. Nevertheless, when content of the respective element is more than the specified limit, i.e., more than 0.5wt% Fe, 1.5wt% Mn, 0.6wt% Cr, 0.5wt% V, 1.0wt% Ni, 0.5wt% Mo and 2.0wt% rare earth element, large crystalline mass is formed and mouldability, toughness, workability, weldability, corrosion resistance, etc., of the alloy may deteriorate. Therefore, it is desirable to use  $\leq 0.5wt\%$  Fe,  $\leq 1.5wt\%$  Mn,  $\leq 0.6wt\%$  Cr,  $\leq 0.5wt\%$  V,  $\leq 1.0wt\%$  Ni,  $\leq 0.5wt\%$  Mo and  $\leq 2.0wt\%$  rare earth element. If the content is less than the specified limit, i.e., less than 0.1wt% Fe, 0.01wt% Mn, 0.01wt% Cr, 0.01wt% V, 0.03wt% Ni, 0.01wt% Mo and 0.03wt% rare earth element, the said effect is not obtained. Therefore, it is desirable to use 0.01~0.5wt% Fe, 0.01~1.5wt% Mn, 0.01~0.6wt% Cr, 0.01~0.5wt% V, 0.03~1.0wt% Ni, 0.01~0.5wt% Mo and 0.03~2.0wt% rare earth element or

preferably 0.1~0.48wt% Fe, 0.1~1.0wt% Mn, 0.05~0.4wt% Cr, 0.05~0.3wt% V, 0.1~0.8wt% Ni, 0.03~0.3wt% Mo and 0.05~1.5wt% rare earth element.

[0018] One or more selected from La, Ce, Pr, Nd, Sm, etc., can be used as rare earth element. The content of one rare earth element or total content of 2 or more of them should be 0.03~2.0wt%. The alloy comprising 2 or more rare earth elements, for example, the Mischmetal containing Ce and La as main constituents (normally, 45~50wt% Ce, 20~40wt% La and the rest the other elements (Pr, Nd, Sm, etc.) can be used. Each one of the above-mentioned rare earth elements and the Mischmetal produce the same effect. However, as simple rare earth elements are costly, it is economical and advantageous to add them in the form of Mischmetal.

[0019] Ti and B refine the texture and improve weldability of the alloy. However, if the Ti content is more than 0.2wt%, large crystalline mass may be formed and toughness, workability, corrosion resistance of the alloy may deteriorate. On the other hand, if the Ti content is less than 0.005wt%, its effect is inadequate. Therefore, it is desirable to use 0.005~0.2wt% or preferably 0.008~0.1wt% Ti. If the B content is more than 0.08wt%, toughness and workability of the alloy may deteriorate. Moreover, if it is less than 0.0001wt%, the crystal grains refining effect is less. Therefore, it is desirable to use 0.001~0.8wt% or preferably 0.005~0.01wt% B.

[0020] Zr, Ti and B also improve weldability of the alloy. When Zr is added together with Sc, strength of the alloy is also improved. However, if the Zr content is more than 0.3wt%, strength, workability and corrosion resistance deteriorate. Therefore, it is desirable to use  $\leq 0.3$ wt% Zr. When the Zr content is less than 0.03wt%, its effect is inadequate. Therefore, it is desirable to use 0.03~0.3wt% or preferably 0.05~0.25wt% Zr.

[0021] Extrusion material, rolling material and forging material of the alloy of this invention can be produced by using the manufacturing methods and manufacturing conditions used for the production of the conventional Al-Mg-Si system alloys. Alloy of the invention can be used in buildings (pillar, beam, sash, etc.), construction (temporary material, arrows, planks, wale, railing, bridge, etc.), automobiles (planks in railway carriage, extruded shape, car planks, shape material, etc.), containers and pipes (general containers and pipes, containers and pipes for vacuum equipments, etc.), ships (upper structures, bisection, etc.), aircrafts (structural components, etc.), etc. Conventional fusion welding and pressure welding methods, for example, TIG welding, MIG welding, laser welding, electron beam welding, resistance-spot welding, seam welding, stud welding, high frequency welding, ultrasonic wave welding, etc., can be used as welding methods for the alloy of this invention.

[0022]



[Execution Example] Execution example of the invention is explained. Alloys of the compositions given in Tables 1~10 (alloys of the invention Nos.1~145, comparison alloys Nos.146~187 and conventional alloys Nos.188~190) were cast into ingots (9-inch diameter) for extrusion using semi-continuous water-cooled extrusion machine. Each obtained ingot was subjected to homogenisation treatment at 520~540°C for 8~12 hours, heated at 400~470°C and then extruded into 5mm thick and 100mm straight angle material. Extrusion was carried out at the highest extrusion speed (critical extrusion speed) so that no surface defects and cracks developed on the said straight angle material. Extrusion quality of each alloy was evaluated in 3 grades (©, ☒ and X). The obtained results are given in Tables 11~17. The evaluation standards are given below.

© ☞ ☞ Extrusion speed is more than the critical extrusion speed of A6063 (28m/min).

☒ ☞ ☞ Extrusion speed is  $\geq$  critical extrusion speed of A6061 (18m/min) and  $\leq$  critical extrusion speed of A6063 (28m/min).

X ☞ ☞ Extrusion speed is less than the critical extrusion speed of A6061 (18m/min).

[0023] After extrusion, each material was subjected to solution annealing at 525°C for 1 hour, hardening and tempering at 200°C for 8 hours. The material obtained in this manner was subjected to tension test, welding crack test, micro-crack test and corrosion resistance test. The obtained results are given in Tables 11~17. The testing methods are given below.

(1) Tension test

- (a) Test piece : Test piece No. 5 of JIS Z 2201
- (b) Testing method : Test in conformity to JIS Z 2241 using the Amsler universal testing machine
- (c) Observed value : Tensile strength was determined and evaluated by the following standards

© ☞ ☞ Tensile strength  $\geq 250\text{N/mm}^2$

☒ ☞ ☞ Tensile strength  $150\text{N/mm}^2 \sim 250\text{N/mm}^2$

X ☞ ☞ Tensile strength less than  $150\text{N/mm}^2$

[0024]

(2) Welding crack test

- (a) Test piece : Fish bone type test piece shown in Fig. 1
- (b) Welding conditions : Welding method ☞ ☞ ☞ TIG  
Solubilizer ☞ ☞ ☞ not used  
Electrode ☞ ☞ ☞ Cerium-containing W, 3.2mmφ

Welding current ◐ ◐ ◐ 200A

Arc voltage ◐ ◐ ◐ 20V

Welding speed ◐ ◐ ◐ 30cm/min

Argon gas flow rate ◐ ◐ ◐ 10-litre/min

(c) Crack evaluation : Crack length was measured and evaluated by the following standards

◎ ◐ ◐ Crack length less than 30mm

▣ ◐ ◐ Crack length 30mm ~ 50mm

X ◐ ◐ Crack length ≥50mm

[0025]

(3) Micro-welding crack test

(a) Test piece : 5mm x 100mm x 100mm sheet

(b) Welding : Welding method ◐ ◐ ◐ TIG

conditions Solubilizer ◐ ◐ ◐ A5356BY, 3.2mmφ

Electrode ◐ ◐ ◐ Cerium-containing W, 3.2mmφ

Welding current ◐ ◐ ◐ 200A

Arc voltage ◐ ◐ ◐ 20V

Welding speed ◐ ◐ ◐ 30cm/min

Argon gas flow rate ◐ ◐ ◐ 10-litre/min

(c) Crack evaluation : Three sections on the welded part were polished and examined using metallurgical microscope to find out whether any micro-crack developed in the part affected by the welding heat or not.

▣ ◐ ◐ No micro-crack develops

X ◐ ◐ One or more micro-cracks develop

[0026]

(4) Corrosion test

(a) Test piece : 5mm x 60mm x 80mm sheet

(b) Testing method : Salt spray test: In conformity to JIS Z 2371

Testing solution: 5% NaCl

Spray rate: 1~2ml/80cm<sup>2</sup>/h

Spray temperature: 35°C

Testing time: 1000hours

(c) Evaluation ▣ ◐ ◐ No corrosion

method

X  $\Rightarrow$  Corrosion takes place

[0027]

[Table 1]

Class	No.	Chemical composition (wt%)					
		Mg	Si	Sc	Cu	Ag	Al
Alloys of this invention	1	0.2	0.15	0.03			Remainder
	2	1.0	0.15	0.03			Remainder
	3	2.0	0.15	0.03			Remainder
	4	0.2	0.7	0.03			Remainder
	5	1.0	0.7	0.03			Remainder
	6	2.0	0.7	0.03			Remainder
	7	0.2	1.5	0.03			Remainder
	8	1.0	1.5	0.03			Remainder
	9	2.0	1.5	0.03			Remainder
	10	0.2	0.15	1.0			Remainder
	11	1.0	0.15	1.0			Remainder
	12	2.0	0.15	1.0			Remainder
	13	0.2	0.7	1.0			Remainder
	14	1.0	0.7	1.0			Remainder
	15	2.0	0.7	1.0			Remainder
	16	0.2	1.5	1.0			Remainder
	17	1.0	1.5	1.0			Remainder
	18	2.0	1.5	1.0			Remainder
	19	0.2	0.15	3.0			Remainder
	20	1.0	0.15	3.0			Remainder
	21	2.0	0.15	3.0			Remainder
	22	0.2	0.7	3.0			Remainder
	23	1.0	0.7	3.0			Remainder
	24	2.0	0.7	3.0			Remainder
	25	0.2	1.5	3.0			Remainder
	26	1.0	1.5	3.0			Remainder
	27	2.0	1.5	3.0			Remainder
	28	1.0	1.0	1.0	0.1		Remainder
	29	1.0	1.0	1.0	0.5		Remainder
	30	1.0	1.0	1.0	1.0		Remainder
	31	1.0	1.0	1.0		0.05	Remainder
	32	1.0	1.0	1.0		0.5	Remainder
	33	1.0	1.0	1.0		1.0	Remainder
	34	1.0	1.0	1.0	0.1	0.05	Remainder
	35	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	Remainder
	36	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	Remainder

[0028]

[Table 2]

No.	Chemical composition (wt%)							MM: Mischmetal				
	Mg	Si	Sc	Cu	Ag	Fe	Mn	Cr	V	Ni	Mo	MM
37	0.2	0.15	0.03			0.01						
38	1.0	1.0	1.0			0.25						
39	2.0	1.5	3.0			0.5						
40	0.2	0.15	0.03				0.01					
41	1.0	1.0	1.0				0.5					
42	2.0	1.5	3.0				1.5					
43	0.2	0.15	0.03					0.01				
44	1.0	1.0	1.0					0.3				
45	2.0	1.5	3.0					0.6				
46	0.2	0.15	0.03						0.01			
47	1.0	1.0	1.0						0.2			
48	2.0	1.5	3.0						0.5			
49		0.15	0.03							0.05		
50	1.0	1.0	1.0							0.5		
51	2.0	1.5	3.0							1.0		
52	0.2	0.15	0.03								0.01	
53	1.0	1.0	1.0								0.2	
54	2.0	1.5	3.0								0.5	
55	0.2	0.15	0.03									0.05
56	1.0	1.0	1.0									1.0
57	2.0	1.5	3.0									2.0
58	0.2	0.15	0.03	0.1		0.01						
59	1.0	1.0	1.0	0.5		0.25						
60	2.0	1.5	3.0	1.0		0.5						
61	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5	0.25						
62	0.2	0.15	0.03		0.05		0.01					
63	1.0	1.0	1.0		0.5		0.5					
64	2.0	1.5	3.0		1.0		1.5					
65	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5		0.5					
66	0.2	0.15	0.03	0.1				0.01				
67	1.0	1.0	1.0	0.5				0.3				
68	2.0	1.5	3.0	1.0				0.6				
69	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5			0.3				
70	0.2	0.15	0.03		0.05				0.01			
71	1.0	1.0	1.0		0.5				0.2			
72	2.0	1.5	3.0		1.0				0.5			
73	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5				0.2			

Class: Alloys of this invention

Al: Remainder

[0029]

[Table 3]

No.	Chemical composition (wt%)							MM: Mischmetal			
	Mg	Si	Sc	Cu	Ag	Ni	Mo	MM	Ti	B	Zr
74	0.2	0.15	0.03	0.1		0.05					
75	1.0	1.0	1.0	0.5		0.5					
76	2.0	1.5	3.0	1.0		1.0					
77	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5	0.5					
78	0.2	0.15	0.03		0.05		0.01				
79	1.0	1.0	1.0		0.5		0.2				
80	2.0	1.5	3.0		1.0		0.5				
81	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5		0.2				
82	0.2	0.15	0.03	0.1				0.05			
83	1.0	1.0	1.0	0.5				1.0			
84	2.0	1.5	3.0	1.0				2.0			
85	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5			1.0			
86	0.2	0.15	0.03						0.005		
87	1.0	1.0	1.0						0.01		
88	2.0	1.5	3.0						0.2		
89	0.2	0.15	0.03						0.005	0.0001	
90	1.0	1.0	1.0						0.01	0.002	
91	2.0	1.5	3.0						0.2	0.08	
92	0.2	0.15	0.03								0.03
93	1.0	1.0	1.0								0.13
94	2.0	1.5	3.0								0.25
95	0.2	0.15	0.03	0.1					0.005		
96	1.0	1.0	1.0	0.5					0.01		
97	2.0	1.5	3.0	1.0					0.2		
98	0.2	0.15	0.03		0.05				0.005	0.0001	
99	1.0	1.0	1.0		0.5				0.01	0.002	
100	2.0	1.5	3.0		1.0				0.2	0.08	
101	0.2	0.15	0.03	0.1	0.05						0.03
102	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5						0.13
103	2.0	1.5	3.0	1.0	1.0						0.25

Class: Alloys of this invention  
[0030]

Al: Remainder

[Table 4]

Class	No.	Chemical composition (wt%)									
		Mg	Si	Sc	Fe	Mn	Cr	Ti	B	Zr	Al
Alloys of this invention	104	0.2	0.15	0.03	0.01			0.005			Remainder
	105	1.0	1.0	1.0	0.25			0.01			Remainder
	106	2.0	1.5	3.0	0.5			0.2			Remainder
	107	0.2	0.15	0.03		0.01		0.005	0.0001		
	108	1.0	1.0	1.0		0.5		0.01	0.002		
	109	2.0	1.5	3.0		1.5	0.01	0.2	0.08		
	110	0.2	0.15	0.03			0.3			0.03	Remainder
	111	1.0	1.0	1.0			0.6			0.13	Remainder
	112	2.0	1.5	3.0						0.25	Remainder

[0031]

[Table 5]

Class	No.	Chemical composition (wt%)										MM: Mischmetal
		Mg	Si	Sc	V	Ni	Mo	MM	Ti	B	Zr	
Alloys of this invention	113	0.2	0.15	0.03	0.01				0.005			Remainder
	114	1.0	1.0	1.0	0.2				0.01			Remainder
	115	2.0	1.5	3.0	0.5				0.2			Remainder
	116	0.2	0.15	0.03		0.05			0.005	0.0001		Remainder
	117	1.0	1.0	1.0		0.5			0.01	0.002		Remainder
	118	2.0	1.5	3.0		1.0			0.2	0.08		Remainder
	119	0.2	0.15	0.03			0.01				0.03	Remainder
	120	1.0	1.0	1.0			0.2				0.13	Remainder
	121	2.0	1.5	3.0			0.5				0.25	Remainder
	122	0.2	0.15	0.03				0.05	0.005	0.0001		Remainder
	123	1.0	1.0	1.0				1.0	0.01	0.002		Remainder
	124	2.0	1.5	3.0				2.0	0.2	0.08		Remainder

[0032]

[Table 6]

No.	Chemical composition (wt%)										
	Mg	Si	Sc	Cu	Ag	Fe	Mn	Cr	Ti	B	Zr
125	0.2	0.15	0.03	0.1		0.01			0.005		
126	1.0	1.0	1.0	0.5		0.25			0.01		
127	2.0	1.5	3.0	1.0		0.5			0.2		
128	0.2	0.15	0.03		0.05		0.01		0.005	0.0001	
129	1.0	1.0	1.0		0.5		0.5		0.01	0.002	
130	2.0	1.5	3.0		1.0		1.5		0.2	0.08	
131	0.2	0.15	0.03	0.1	0.05			0.01			0.03
132	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5			0.3			0.13
133	2.0	1.5	3.0	1.0	1.0			0.6			0.25

Class: Alloys of this invention

Al: Remainder

[0033]

[Table 7]

No.	Chemical composition (wt%)							MM: Mischmetal				
	Mg	Si	Sc	Cu	Ag	V	Ni	Mo	MM	Ti	B	Zr
134	0.2	0.15	0.03	0.1		0.01				0.005		
135	1.0	1.0	1.0	0.5		0.2				0.01		
136	2.0	1.5	3.0	1.0		0.5				0.2		
137	0.2	0.15	0.03		0.05		0.05			0.005	0.0001	
138	1.0	1.0	1.0		0.5		0.5			0.01	0.002	
139	2.0	1.5	3.0		1.0		1.0			0.2	0.08	
140	0.2	0.15	0.03	0.1	0.05			0.01				0.03
141	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5			0.2				0.13
142	2.0	1.5	3.0	1.0	1.0			0.5				0.25
143	0.2	0.15	0.03	0.1	0.05				0.05	0.005	0.0001	
144	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5				1.0	0.01	0.002	
145	2.0	1.5	3.0	1.0	1.0				2.0	0.2	0.08	
146	0.1	1.0	1.0									
147	3.0	1.0	1.0									
148	1.0	0.1	1.0									
149	1.0	2.0	1.0									
150	1.0	1.0	0.01									
151	1.0	1.0	4.0									
152	1.0	1.0	1.0	2.0								
153	1.0	1.0	1.0		2.0							

Class: Alloys of this invention (Nos.134~145), Comparison alloys (Nos.146~153), Al: Remainder

[0034]

[Table 8]

No.	Chemical composition (wt%)							MM: Mischmetal				
	Mg	Si	Sc	Cu	Ag	Fe	Mn	Cr	V	Ni	Mo	MM
154	1.0	1.0	1.0			1.0						
155	1.0	1.0	1.0				2.0					
156	1.0	1.0	1.0					1.0				
157	1.0	1.0	1.0						1.0			
158	1.0	1.0	1.0							2.0		
159	1.0	1.0	1.0								1.0	
160	1.0	1.0	1.0									3.0
161	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0						
162	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5		2.0					
163	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5			1.0				
164	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5				1.0			
165	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5					2.0		
166	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5						1.0	
167	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5							3.0

Class: Comparison alloys

Al: Remainder

[0035]

[Table 9]

Class	No.	Chemical composition (wt%)												MM: Mischmetal				
		Mg	Si	Sc	Cu	Ag	Fe	Mn	Cr	V	Ni	Mo	MM	Ti	B	Zr	Al	
Comparison alloys	168	0.2	0.15	0.03										0.3	0.1		Remainder	
	169	1.0	1.0	1.0											0.1	0.35	Remainder	
	170	2.0	1.5	3.0										0.3			Remainder	
	171	0.2	0.15	0.03	0.5	0.5									0.1		Remainder	
	172	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5											Remainder	
	173	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5										0.35	Remainder	
	174	1.0	1.0	1.0			0.2							0.3			Remainder	
	175	1.0	1.0	1.0			0.5	0.2							0.1	0.35	Remainder	
	176	1.0	1.0	1.0					0.2	0.1	0.5			0.3	0.1		Remainder	
	177	1.0	1.0	1.0													Remainder	
	178	1.0	1.0	1.0											0.1	0.35	Remainder	
	179	1.0	1.0	1.0							0.5	0.1					Remainder	
	180	1.0	1.0	1.0									1.0	0.3		0.35	Remainder	
	181	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.2							0.3			Remainder	
	182	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.2							0.1		Remainder	
	183	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5		0.2	0.1		0.5			0.3		0.35	Remainder	
	184	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5				0.1					0.1		Remainder	
	185	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5											Remainder	
	186	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5						0.1				0.35	Remainder	
	187	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5							1.0	0.3			Remainder	



[0036]

[Table 10]

	No.	Chemical composition (wt%)					
		Mg	Si	Sc	Cu	Cr	Al
Conventional alloys	188	0.7	0.4				Remainder
	189	1.0	0.6		0.25	0.1	Remainder
	190	0.6	0.7		0.1		Remainder

No. 188 : A6063 No. 189 : A6061 No. 190 : A6N01

[0037] [Table 11]

[Translator's Note: To accommodate English text in the table, the same abbreviations will be introduced and used in all the tables given below.]

[Extr. Prop. = Extrusion property; Tens. Str. Prop. = Tensile strength Property; Resit. Wel. Crk. = Resistance to welding cracks; Resit. Mcr-crck = Resistance to micro-cracks; Corr. Resit. = Corrosion resistance; Comb. Eval. = Combined evaluation; Ext. S. = Extrusion speed (m/min); Eval. = Evaluation; TS = Tensile strength (N/mm<sup>2</sup>); CL = Crack length (mm); POC = Presence of cracks; CP = Presence of corrosion]

No.	Extr. Prop.		Tens. Str. Prop.		Resit. Wel. Crk.		Resit. Mcr-crck.		Corr. Resit.		Comb.
	Ext. S.	Eval.	TS	Eval.	CL	Eval.	POC	Eval.	CP	Eval.	Eval.
1	75	◎	169	☒	38	☒	No	☒	No	☒	☒
2	42	◎	187	☒	41	☒	No	☒	No	☒	☒
3	30	◎	198	☒	45	☒	No	☒	No	☒	☒
4	74	◎	206	☒	35	☒	No	☒	No	☒	☒
5	40	◎	215	☒	39	☒	No	☒	No	☒	☒
6	29	◎	256	◎	43	☒	No	☒	No	☒	☒
7	72	◎	263	◎	33	☒	No	☒	No	☒	☒
8	39	◎	272	◎	37	☒	No	☒	No	☒	☒
9	28	◎	340	◎	40	☒	No	☒	No	☒	☒
10	75	◎	171	☒	33	☒	No	☒	No	☒	☒
11	42	◎	190	☒	35	☒	No	☒	No	☒	☒
12	30	◎	199	☒	39	☒	No	☒	No	☒	☒
13	74	◎	207	☒	29	◎	No	☒	No	☒	☒
14	41	◎	217	☒	33	☒	No	☒	No	☒	☒
15	29	◎	257	◎	37	☒	No	☒	No	☒	☒
16	73	◎	265	◎	27	◎	No	☒	No	☒	☒
17	40	◎	275	◎	32	☒	No	☒	No	☒	☒
18	28	◎	341	◎	35	☒	No	☒	No	☒	☒
19	74	◎	173	☒	28	◎	No	☒	No	☒	☒
20	41	◎	192	☒	31	☒	No	☒	No	☒	☒
21	29	◎	200	☒	33	☒	No	☒	No	☒	☒
22	72	◎	209	☒	24	◎	No	☒	No	☒	☒
23	40	◎	219	☒	30	☒	No	☒	No	☒	☒
24	28	◎	259	◎	31	☒	No	☒	No	☒	☒
25	72	◎	268	◎	21	◎	No	☒	No	☒	☒
26	39	◎	277	◎	28	◎	No	☒	No	☒	☒
27	27	☒	343	◎	30	☒	No	☒	No	☒	☒
28	38	◎	301	◎	33	☒	No	☒	No	☒	☒
29	35	◎	329	◎	38	☒	No	☒	No	☒	☒
30	32	◎	365	◎	40	☒	No	☒	No	☒	☒
31	39	◎	275	◎	28	◎	No	☒	No	☒	☒
32	37	◎	300	◎	25	◎	No	☒	No	☒	☒
33	35	◎	343	◎	21	◎	No	☒	No	☒	☒
34	37	◎	306	◎	31	☒	No	☒	No	☒	☒
35	33	◎	335	◎	36	☒	No	☒	No	☒	☒
36	29	◎	370	◎	37	☒	No	☒	No	☒	☒

Class: Alloys of this invention

[0038]

[Table 12]

No.	Extr. Prop.		Tens. Str. Prop.		Resit. Wel. Crk.		Resit. Mcr-crck.		Corr. Resit.		Comb. Eval.
	Ext. S	Eval.	TS	Eval.	CL	Eval.	POC	Eval.	CP	Eval.	
37	73	☉	170	☒	37	☒	No	☒	No	☒	☒
38	38	☉	220	☒	28	☉	No	☒	No	☒	☒
39	25	☒	345	☉	25	☉	No	☒	No	☒	☒
40	70	☉	198	☒	38	☒	No	☒	No	☒	☒
41	36	☉	295	☉	30	☒	No	☒	No	☒	☒
42	20	☒	358	☉	29	☉	No	☒	No	☒	☒
43	73	☉	199	☒	37	☒	No	☒	No	☒	☒
44	37	☉	312	☉	30	☒	No	☒	No	☒	☒
45	24	☒	390	☉	28	☉	No	☒	No	☒	☒
46	73	☉	197	☒	25	☉	No	☒	No	☒	☒
47	37	☉	290	☉	23	☉	No	☒	No	☒	☒
48	25	☒	345	☉	21	☉	No	☒	No	☒	☒
49	72	☉	185	☒	32	☒	No	☒	No	☒	☒
50	38	☉	283	☉	34	☒	No	☒	No	☒	☒
51	22	☒	333	☉	38	☒	No	☒	No	☒	☒
52	72	☉	188	☒	27	☉	No	☒	No	☒	☒
53	38	☉	290	☉	25	☉	No	☒	No	☒	☒
54	22	☒	341	☉	23	☉	No	☒	No	☒	☒
55	72	☉	205	☒	25	☉	No	☒	No	☒	☒
56	38	☉	301	☉	20	☉	No	☒	No	☒	☒
57	22	☒	355	☉	17	☉	No	☒	No	☒	☒
58	70	☉	205	☒	42	☒	No	☒	No	☒	☒
59	35	☉	329	☉	35	☒	No	☒	No	☒	☒
60	21	☒	338	☉	31	☒	No	☒	No	☒	☒
61	20	☒	342	☉	28	☉	No	☒	No	☒	☒
62	67	☉	206	☒	36	☒	No	☒	No	☒	☒
63	33	☉	331	☉	27	☉	No	☒	No	☒	☒
64	19	☒	341	☉	23	☉	No	☒	No	☒	☒
65	18	☒	345	☉	25	☉	No	☒	No	☒	☒
66	70	☉	206	☒	40	☒	No	☒	No	☒	☒
67	34	☉	346	☉	35	☒	No	☒	No	☒	☒
68	21	☒	460	☉	32	☒	No	☒	No	☒	☒
69	20	☒	465	☉	28	☉	No	☒	No	☒	☒
70	70	☉	205	☒	20	☉	No	☒	No	☒	☒
71	34	☉	330	☉	15	☉	No	☒	No	☒	☒
72	22	☒	336	☉	11	☉	No	☒	No	☒	☒
73	21	☒	340	☉	15	☉	No	☒	No	☒	☒

Class: Alloys of this invention

[0039]

[Table 13]

No.	Extr. Prop.		Tens. Str. Prop.		Resit. Wel. Crk.		Resit. Mcr-crk.		Corr. Resit.		Comb. Eval
	Ext. S	Eval.	TS	Eval.	CL	Eval.	POC	Eval.	CP	Eval.	
74	69	©	207	☒	35	☒	No	☒	No	☒	☒
75	33	©	331	©	41	☒	No	☒	No	☒	☒
76	21	☒	337	©	46	☒	No	☒	No	☒	☒
77	20	☒	342	©	44	☒	No	☒	No	☒	☒
78	70	©	206	☒	25	©	No	☒	No	☒	☒
79	36	©	332	©	21	©	No	☒	No	☒	☒
80	20	☒	342	©	10	©	No	☒	No	☒	☒
81	18	☒	346	©	15	©	No	☒	No	☒	☒
82	69	©	210	☒	22	©	No	☒	No	☒	☒
83	35	©	335	©	18	©	No	☒	No	☒	☒
84	20	☒	345	©	17	©	No	☒	No	☒	☒
85	18	☒	350	©	12	©	No	☒	No	☒	☒
86	75	©	170	☒	35	☒	No	☒	No	☒	☒
87	40	©	218	☒	25	©	No	☒	No	☒	☒
88	26	☒	343	©	22	©	No	☒	No	☒	☒
89	75	©	171	☒	32	☒	No	☒	No	☒	☒
90	40	©	218	☒	23	©	No	☒	No	☒	☒
91	26	☒	344	©	20	©	No	☒	No	☒	☒
92	75	©	172	☒	31	☒	No	☒	No	☒	☒
93	39	©	219	☒	24	©	No	☒	No	☒	☒
94	25	☒	345	©	21	©	No	☒	No	☒	☒
95	72	©	204	☒	35	☒	No	☒	No	☒	☒
96	35	©	330	©	34	☒	No	☒	No	☒	☒
97	21	☒	340	©	33	☒	No	☒	No	☒	☒
98	73	©	210	☒	25	©	No	☒	No	☒	☒
99	34	©	302	©	20	©	No	☒	No	☒	☒
100	23	☒	341	©	10	©	No	☒	No	☒	☒
101	71	©	212	☒	30	☒	No	☒	No	☒	☒
102	33	©	332	©	28	©	No	☒	No	☒	☒
103	19	☒	345	©	27	©	No	☒	No	☒	☒
104	73	©	171	☒	32	☒	No	☒	No	☒	☒
105	37	©	222	☒	22	©	No	☒	No	☒	☒
106	25	☒	346	©	21	©	No	☒	No	☒	☒

Class: Alloys of this invention

[0040]

[Table 14]

No.	Extr. Prop.		Tens. Str. Prop.		Resit. Wel. Crk.		Resit. Mcr-crk.		Corr. Resit.		Comb. Eval
	Ext. S	Eval.	TS	Eval.	CL	Eval.	POC	Eval.	CP	Eval.	
107	71	©	199	☒	35	☒	No	☒	No	☒	☒
108	35	©	297	©	25	©	No	☒	No	☒	☒
109	20	☒	360	©	24	©	No	☒	No	☒	☒
110	73	©	200	☒	32	☒	No	☒	No	☒	☒
111	36	©	313	©	26	©	No	☒	No	☒	☒
112	23	☒	391	©	22	©	No	☒	No	☒	☒
113	72	©	198	☒	21	©	No	☒	No	☒	☒
114	37	©	291	©	18	©	No	☒	No	☒	☒
115	25	☒	246	☒	15	©	No	☒	No	☒	☒
116	71	©	186	☒	28	©	No	☒	No	☒	☒
117	38	©	284	©	30	☒	No	☒	No	☒	☒
118	21	☒	335	©	35	☒	No	☒	No	☒	☒
119	71	©	199	☒	25	©	No	☒	No	☒	☒
120	37	©	291	©	24	©	No	☒	No	☒	☒
121	21	☒	343	©	22	©	No	☒	No	☒	☒
122	71	©	207	☒	20	©	No	☒	No	☒	☒
123	37	©	302	©	15	©	No	☒	No	☒	☒
124	21	☒	357	©	13	©	No	☒	No	☒	☒
125	70	©	206	☒	40	☒	No	☒	No	☒	☒
126	35	©	330	©	33	☒	No	☒	No	☒	☒
127	20	☒	340	©	28	©	No	☒	No	☒	☒
128	66	©	207	☒	35	☒	No	☒	No	☒	☒
129	32	©	333	©	22	©	No	☒	No	☒	☒
130	19	☒	342	©	20	©	No	☒	No	☒	☒
131	69	©	207	☒	38	☒	No	☒	No	☒	☒
132	34	©	346	©	34	☒	No	☒	No	☒	☒
133	20	☒	461	©	30	☒	No	☒	No	☒	☒
134	70	©	207	☒	19	©	No	☒	No	☒	☒
135	33	©	331	©	10	©	No	☒	No	☒	☒
136	20	☒	337	©	7	©	No	☒	No	☒	☒
137	68	©	208	☒	33	☒	No	☒	No	☒	☒
139	32	©	332	©	39	☒	No	☒	No	☒	☒
139	20	☒	338	©	40	☒	No	☒	No	☒	☒

Class: Alloys of this invention

[0041]

[Table 15]

No.	Extr. Prop.		Tens. Str. Prop.		Resit. Wel. Crk.		Resit. Mcr-crk.		Corr. Resit.		Comb. Eval
	Ext. S	Eval.	TS	Eval.	CL	Eval.	POC	Eval.	CP	Eval.	

140	69	©	207	☒	23	©	No	☒	No	☒	☒
141	35	©	333	©	18	©	No	☒	No	☒	☒
142	20	☒	344	©	5	©	No	☒	No	☒	☒
143	68	©	212	☒	20	©	No	☒	No	☒	☒
144	35	©	336	©	16	©	No	☒	No	☒	☒
145	18	☒	347	©	12	©	No	☒	No	☒	☒
146	75	©	145	X	64	X	Yes	X	No	☒	X
147	16	X	313	©	43	☒	Yes	X	Yes	X	X
148	50	©	147	X	60	X	No	☒	No	☒	X
149	17	X	399	©	40	☒	Yes	X	Yes	X	X
150	43	©	143	X	55	X	Yes	X	No	☒	X
151	17	X	440	©	35	☒	No	☒	Yes	X	X
152	15	X	435	©	65	X	Yes	X	Yes	X	X
153	16	X	430	©	55	X	No	☒	No	☒	X
154	17	X	225	☒	25	©	Yes	X	Yes	X	X
155	13	X	300	©	28	©	Yes	X	Yes	X	X
156	15	X	321	©	22	©	Yes	X	Yes	X	X
157	16	X	295	©	20	©	No	☒	Yes	X	X
158	14	X	290	©	51	X	Yes	X	Yes	X	X
159	14	X	293	©	22	©	Yes	X	Yes	X	X
160	16	X	310	©	14	©	No	☒	Yes	X	X
161	13	X	330	©	27	©	Yes	X	Yes	X	X
162	10	X	333	©	31	☒	Yes	X	Yes	X	X
163	11	X	356	©	25	©	Yes	X	Yes	X	X
164	12	X	332	©	25	©	No	☒	Yes	X	X
165	10	X	335	©	53	X	Yes	X	Yes	X	X
166	10	X	336	©	23	©	Yes	X	Yes	X	X
167	11	X	338	©	20	©	No	☒	Yes	X	X
168	70	©	172	☒	34	☒	Yes	X	Yes	X	X
169	39	©	219	☒	22	©	Yes	X	Yes	X	X
170	26	☒	344	©	19	©	Yes	X	Yes	X	X
171	65	©	205	☒	33	☒	Yes	X	Yes	X	X
172	33	©	332	©	20	©	Yes	X	Yes	X	X
173	20	☒	341	©	18	©	Yes	X	Yes	X	X

Class: Alloys of this invention (Nos.140~160), Comparison alloys (Nos.168~173)

[0042]

[Table 16]

No.	Extr. Prop.		Tens. Str. Prop.		Resit. Wel. Crk.		Resit. Mcr-crk.		Corr. Resit.		Comb. Eval
	Ext. S	Eval.	TS	Eval.	CL	Eval.	POC	Eval.	CP	Eval.	
174	36	©	223	☒	21	©	Yes	X	Yes	X	X
175	33	©	298	©	24	©	Yes	X	Yes	X	X
176	32	©	314	©	24	©	Yes	X	Yes	X	X

177	36	☉	292	☉	17	☉	No	☒	Yes	X	X
178	35	☉	285	☉	30	☒	Yes	X	Yes	X	X
179	32	☉	292	☉	23	☉	Yes	X	Yes	X	X
180	30	☉	303	☉	14	☉	No	☒	Yes	X	X
181	31	☉	331	☉	20	☉	Yes	X	Yes	X	X
182	28	☒	335	☉	23	☉	Yes	X	Yes	X	X
183	27	☒	340	☉	22	☉	Yes	X	Yes	X	X
184	30	☉	332	☉	17	☉	No	☒	Yes	X	X
185	29	☉	335	☉	29	☉	Yes	X	Yes	X	X
186	29	☉	332	☉	23	☉	Yes	X	Yes	X	X
187	25	☒	334	☉	13	☉	No	☒	Yes	X	X

Class: Comparison alloys

[0043]

[Table 17]

No.	Extr. Prop.		Tens. Str. Prop.		Resit. Wel. Crk.		Resit. Mcr-crk.		Corr. Resit.		Comb. Eval
	Ext. S	Eval.	TS	Eval.	CL	Eval.	POC	Eval.	CP	Eval.	
188	28	☉	230	☒	65	X	Yes	X	No	☒	X
189	18	☒	308	☉	50	X	Yes	X	No	☒	X
190	21	☒	276	☉	56	X	Yes	X	No	☒	X

Class: Conventional alloys

No. 188: A6063

No. 189: A6061

No. 190: A6N01

[0044] It is clear from the data given in Tables 11 ~ 15 that each of the new alloys Nos.1~145 has excellent extrusion workability, strength, weldability and corrosion resistance. On the other hand, it is clear from the data given in Tables 15 ~ 17 that the comparison alloys Nos.146 ~ 187 and the conventional alloys Nos.188 ~ 190 are inferior with respect to any of the above-mentioned characteristics.

[0045]

[Result of the Invention] The Al alloys of the invention usable in welding structures have excellent weldability and same or better workability, strength, corrosion resistance in comparison to the conventional Al-Mg-Si system alloys and have significant industrial applications.

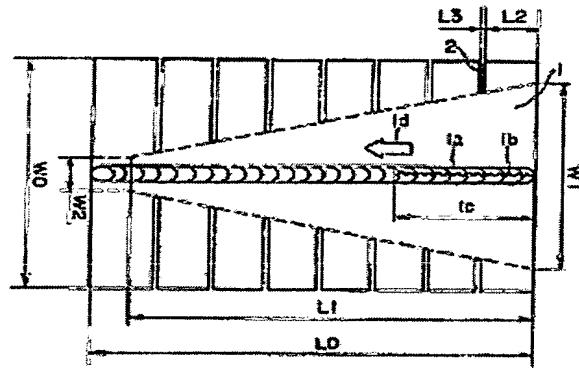
[Simple Explanation of the Figure]

[Fig. 1] Plane diagram showing shape of the test piece having fish-bone type cracks (after welding)

1. The test piece having fish-bone type cracks
  - 1a. Welding beads
  - 1b. Welding crack
  - 1c. Crack length
  - 1d. Welding direction

2. Depth of cut

Fig. 1



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-279280

01

(43)公開日 平成9年(1997)10月28日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 2 2 C 21/06

C 2 2 C 21/06

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 16 頁)

(21)出願番号

特願平8-90706

(22)出願日

平成8年(1996)4月12日

(71)出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72)発明者 沖田 富晴

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(54)【発明の名称】 溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金

(57)【要約】

【課題】 従来のAl-Mg-Si系合金よりも溶接性に優れているのみでなく、150N/mm<sup>2</sup>以上の引張強さを有し、しかも耐食性、並びに、押出、圧延、鍛造等の加工性にも優れたAl-Mg-Si系合金材料を開発する。

【解決手段】 Mg0.2~2.0重量%、Si0.15~1.5重量%、Sc0.03~3.0重量%を含有し、必要に応じて、下記〔1群〕、〔2群〕、〔3群〕のうち少なくとも1種を含み、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなる溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金。

〔1群〕: Cu1.0重量%以下、Ag1.0重量%以下のうち少なくとも1種

〔2群〕: Fe0.5重量%以下、Mn1.5重量%以下、Cr0.6重量%以下、V0.5重量%以下、Ni1.0重量%以下、Mo0.5重量%以下、希土類元素2.0重量%以下のうち少なくとも1種

〔3群〕: Ti0.2重量%以下、B0.08重量%以下、Zr0.3重量%以下のうち少なくとも1種



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】  $MgO$  2～2.0重量%、 $SiO_2$  1.5～1.5重量%、 $ScO_3$  0.03～3.0重量%を含有し、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金。

【請求項2】  $MgO$  2～2.0重量%、 $SiO_2$  1.5～1.5重量%、 $ScO_3$  0.03～3.0重量%を含有し、かつ、 $Cu$  1.0重量%以下、 $Ag$  1.0重量%以下のうち少なくとも1種を含有し、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金。

【請求項3】  $MgO$  2～2.0重量%、 $SiO_2$  1.5～1.5重量%、 $ScO_3$  0.03～3.0重量%を含有し、かつ、 $FeO$  5重量%以下、 $Mn$  1.5重量%以下、 $CrO_6$  6重量%以下、 $VO_5$  5重量%以下、 $Ni$  1.0重量%以下、 $MoO_5$  5重量%以下、希土類元素2.0重量%以下のうち少なくとも1種を含有し、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金。

【請求項4】  $MgO$  2～2.0重量%、 $SiO_2$  1.5～1.5重量%、 $ScO_3$  0.03～3.0重量%を含有し、 $Cu$  1.0重量%以下、 $Ag$  1.0重量%以下のうち少なくとも1種を含有し、かつ、 $FeO$  5重量%以下、 $Mn$  1.5重量%以下、 $CrO_6$  6重量%以下、 $VO_5$  5重量%以下、 $Ni$  1.0重量%以下、 $MoO_5$  5重量%以下、希土類元素2.0重量%以下のうち少なくとも1種を含有し、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金。

【請求項5】  $MgO$  2～2.0重量%、 $SiO_2$  1.5～1.5重量%、 $ScO_3$  0.03～3.0重量%を含有し、かつ、 $TiO_2$  2重量%以下、 $BO_8$  0.08重量%以下、 $ZrO_3$  3重量%以下のうち少なくとも1種を含み、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金。

【請求項6】  $MgO$  2～2.0重量%、 $SiO_2$  1.5～1.5重量%、 $ScO_3$  0.03～3.0重量%を含有し、かつ、 $Cu$  1.0重量%以下、 $Ag$  1.0重量%以下のうち少なくとも1種を含有し、かつ、 $TiO_2$  2重量%以下、 $BO_8$  0.08重量%以下、 $ZrO_3$  3重量%以下のうち少なくとも1種を含み、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金。

【請求項7】  $MgO$  2～2.0重量%、 $SiO_2$  1.5～1.5重量%、 $ScO_3$  0.03～3.0重量%を含有し、 $FeO$  5重量%以下、 $Mn$  1.5重量%以下、 $CrO_6$  6重量%以下、 $VO_5$  5重量%以下、 $Ni$  1.0重量%以下、 $MoO_5$  5重量%以下、希土類元素2.0重量%以下のうち少なくとも1種を含有し、かつ、 $TiO_2$  2重量%以下、 $BO_8$  0.08重量%以下、 $ZrO_3$  3重量%以下のうち少なくとも1種を含み、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金。

3重量%以下のうち少なくとも1種を含み、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金。

【請求項8】  $MgO$  2～2.0重量%、 $SiO_2$  1.5～1.5重量%、 $ScO_3$  0.03～3.0重量%を含有し、 $Cu$  1.0重量%以下、 $Ag$  1.0重量%以下のうち少なくとも1種を含有し、かつ、 $FeO$  5重量%以下、 $Mn$  1.5重量%以下、 $CrO_6$  6重量%以下、 $VO_5$  5重量%以下、 $Ni$  1.0重量%以下、 $MoO_5$  5重量%以下、希土類元素2.0重量%以下のうち少なくとも1種を含有し、かつ、 $TiO_2$  2重量%以下、 $BO_8$  0.08重量%以下、 $ZrO_3$  3重量%以下のうち少なくとも1種を含み、残部アルミニウムおよび不可避不純物からなることを特徴とする溶接性に優れたAl-Mg-Si系合金。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、圧延材、押出材、鍛造材として溶接構造材に用いられる150N/mm<sup>2</sup>以上の引張強さを有する中強度Al-Mg-Si系アルミニウム合金に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、建築、車両、船舶、航空機等においては、益々薄肉軽量化が進み、成形しやすく、耐食性、応力腐食割れの心配がなく、しかも溶接性の優れた中強度アルミニウム合金の要求が高まって来ている。従来、これらの用途に対するアルミニウム合金としては、JISのA6061、A6063、A6N01等のAl-Mg-Si系合金が考えられてきた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、A6061、A6063、A6N01等のAl-Mg-Si系合金は、溶接するとビード部や境界部に溶接割れが発生しやすく、また、溶接熱影響部にマイクロ割れが起こりやすい等の問題があった。そのため、溶接材料、溶接方法の改善、およびそれらの組み合わせによって、上記問題を解決する方法が採られてきた。例えば、材料の結晶粒を微細にしたり、繊維状組織にすると溶接割れやマイクロ割れが改善できることから、材料の製造工程の改善（加工と熱処理の組み合わせ）によって解決しようとしたり、溶接施工方法や溶接条件で解決しようとする試みがなされてきている。しかしながら、このような方法は、特別な製造工程をとる為、材料製造コストが上昇し、又、溶接施工や溶接管理が煩雑になる等の問題があった。

## 【課題を解決するための手段】

【0004】本発明は、上記の点に鑑み種々検討の結果、従来のAl-Mg-Si系合金材料における、溶接割れやマイクロ割れの問題を解決するのみでなく、150N/mm<sup>2</sup>以上の引張強さを有し、しかも耐食性、並びに、押出、圧延、鍛造等の加工性に優れるAl-Mg-Si系合金を提供する。



は、0.10～0.7重量%である。

【0016】Agは溶接性及び強度を向上させる効果があるが1.0重量%を越えると加工性、溶接性が劣化する。従って、Agは1.0重量%以下とする。Agは0.03重量%未満ではその効果が少ない。Agの最も好ましい範囲は、0.05～0.7重量%である。

【0017】Fe、Mn、Cr、V、Ni、Mo及び希土類元素は、それぞれ溶接性や強度の改善をはかる効果があり、1種または2種以上添加する。しかし、Fe：0.5重量%、Mn：1.5重量%、Cr：0.6重量%、V：0.5重量%、Ni：1.0重量%、Mo：0.5重量%、希土類元素：2.0重量%を越えて含有されると巨大晶出物が発生し、成形性、靱性、加工性、溶接性、耐食性等を劣化させる危険がある。従って、Fe：0.5重量%以下、Mn：1.5重量%以下、Cr：0.6重量%以下、V：0.5重量%以下、Ni：1.0重量%以下、Mo：0.5重量%以下、希土類元素：2.0重量%以下とする。但し、含有量がFe：0.01重量%未満、Mn：0.01重量%未満、Cr：0.01重量%未満、V：0.01重量%未満、Ni：0.03重量%未満、Mo：0.01重量%未満、希土類元素：0.03重量%未満では上記効果が無い。従って、Feは0.01～0.5重量%、Mnは0.01～1.5重量%、Crは0.01～0.6重量%、Vは0.01～0.5重量%、Niは0.03～1.0重量%、Moは0.01～0.5重量%、希土類元素0.03～2.0重量%が望ましいが、最も好ましい範囲は、Fe：0.1～0.48重量%、Mn：0.1～1.0重量%、Cr：0.05～0.4重量%、V：0.05～0.3重量%、Ni：0.1～0.8重量%、Mo：0.03～0.3重量%、希土類元素：0.05～1.5重量%である。

【0018】尚、希土類元素としては、La、Ce、Pr、Nd、Sm等のうち1種または2種以上を用いることができ、これらのうちのいずれか1種の量、あるいは2種以上の合計量が0.03～2.0重量%の範囲内であればよい。これらのうち2種類以上を含む合金としては、例えばCe、Laを主成分とするミッシュメタル（通常Ce45～50重量%、La20～40重量%、残部その他の希土類元素（Pr、Nd、Sm等）からなる）を用いることができる。上記希土類元素のうちのいずれか1種、あるいはミッシュメタルは、いずれも同等の効果を示すが、希土類元素単体では高価であり、ミッシュメタルとして添加する方が経済的に有利である。

【0019】Ti、及びBは、組織を微細化し、溶接性を向上させる元素である。しかし、Tiは、0.2重量%を越えると巨大化合物が発生し、靱性、加工性、耐食性が劣化する危険性がある。また、Tiは0.005重量%未満ではその効果が少ない。従って、Tiは、0.005～0.2重量%が望ましいが、最も好ましい範囲

は、0.008～0.1重量%である。Bは、0.08重量%を越えて含有されると、靱性、加工性を劣化させる危険がある。また、Bは0.0001重量%未満では結晶粒微細化の効果が少ない。従って、Bは、0.0001～0.08重量%が望ましいが、最も好ましい範囲は0.0005～0.01重量%である。

【0020】Zrは、Ti、Bと同様に溶接性を向上させる元素である。更に、ZrはScと一緒に添加することによって強度を向上させる効果も有する。しかし、Zrが0.3重量%を越えると強度、加工性、耐食性が劣化する。従って、Zrは0.3重量%以下とする。また、Zrは、0.03重量%未満ではその効果が少ないので、0.03～0.3重量%添加するのが望ましいが、最も好ましい範囲は、0.05～0.25重量%である。

【0021】本発明合金の、押出材、圧延材、鍛造材は、従来のAl-Mg-Si系合金材の製造工程、製造条件で製造できる。また、本発明合金の用途としては、建築（柱、梁、サッシ等）、土木（仮設材、矢板、はらおこし、高欄、橋梁等）、車両（鉄道車輛用板・押出形材、自動車用板・形材等）、容器・配管（一般容器配管、真空機器容器配管等）、船舶（上部構造、パイセクション等）、航空機（構造部品、その他）等が考えられる。尚、本発明合金の溶接方法としては、従来からアルミニウム合金の溶接に用いられている、ティグ溶接、ミグ溶接、レーザー溶接、電子ビーム溶接、抵抗スポット溶接、シーム溶接、スタッド溶接、高周波溶接、超音波溶接等の融接、及び圧接方法が適している。

#### 【0022】

【実施例】次に本発明の一実施例について説明する。表1～表10に示す組成の合金（本発明合金No. 1～145、比較合金No. 146～187、および従来合金No. 188～190）を半連続水冷鋳造装置を用いて、押出用鋳塊（9インチ径）に鋳造した。この鋳塊を520～540℃で8～12時間均質化処理した後、400～470℃に加熱し、それぞれ厚さ5mm、幅100mmの平角材に押出した。押出加工するに際して、前記平角材が表面欠陥や割れ発生が無く押出し得る最高押出速度（限界押出速度）をもって、各合金の押出性の良否を◎、○、×の3段階で評価し、その結果を表11～表17に示した。評価基準は下記の通りである。

◎・・・押出速度がA6063の限界押出速度（28m/min）を越える。

○・・・押出速度がA6061の限界押出速度（18m/min）以上で、A6063の限界押出速度以下。

×・・・押出速度がA6061の限界押出速度未満。

【0023】各々の材料は押出後、525℃で1時間の溶体化処理後焼入し、200℃で8時間の焼戻し処理を行った。このようにして製造した材料について、引張試験、溶接割れ試験、及びマイクロ割れ試験、腐食試験を行

い、その結果を表11～表17に併記した。なお、試験方法は下記に示す通りである。

(1) 引張試験

- (a) 試験片 : JIS Z 2201の5号試験片  
 (b) 試験方法 : アムスラー万能試験機を用いて、JIS Z 2241に基づき試験する。  
 (c) 測定値 : 引張強さを測定し、次の基準で判定する。  
 ◎・・・引張強さ250N/mm<sup>2</sup> 以上  
 ○・・・引張強さ150N/mm<sup>2</sup> 以上で250N/mm<sup>2</sup> 未満  
 ×・・・引張強さ150N/mm<sup>2</sup> 未満

【0024】

(2) 溶接割れ試験

- (a) 試験片 : 図1に示す、フィッシュボーン形試験片  
 (b) 溶接条件 : 溶接方法・・・TIG  
 溶加材・・・使用せず  
 電極棒・・・セリウム入りW、3.2mmφ  
 溶接電流・・・200A  
 アーク電圧・・・20V  
 溶接速度・・・30cm/min  
 アルゴンガス流量・・・10リットル/min  
 (c) 割れ評価 : 割れ長さを測定し、次の基準で判定する。  
 ◎・・・割れ長さ30mm未満  
 ○・・・割れ長さ30mm以上、50mm未満  
 ×・・・割れ長さ50mm以上

【0025】

(3) ミクロ溶接割れ試験

- (a) 試験片 : 板厚5mm×幅100mm×長さ100mm  
 (b) 溶接条件 : 溶接方法・・・TIG  
 溶加材・・・A5356BY、3.2mmφ  
 電極棒・・・セリウム入りW、3.2mmφ  
 溶接電流・・・220A  
 アーク電圧・・・20V  
 溶接速度・・・30cm/min  
 アルゴンガス流量・・・10リットル/min  
 (c) 割れ評価 : 溶接部の3カ所の断面を研磨し、金属顕微鏡で観察し溶接熱影響部におけるミクロ割れ発生の有無を調べる  
 ○・・・ミクロ割れの発生無し  
 ×・・・ミクロ割れ1個以上発生

【0026】

(4) 腐食試験

- (a) 試験片 : 板厚5mm×幅60mm×長さ80mm  
 (b) 試験方法 : 塩水噴霧試験: JIS Z 2371に準拠  
 試験液 : 5%NaCl  
 噴霧量 : 1～2ml/80cm<sup>2</sup>/時間  
 噴霧温度 : 35℃  
 試験時間 : 1000時間  
 (c) 評価方法 : ○・・・腐食発生せず  
 ×・・・腐食発生

【0027】

【表1】

【0028】

【表2】

分類	No.	化 学 成 分 (重量%)					
		Mg	Si	Sc	Cu	Ag	Al
本 発 明 合 金	1	0.2	0.15	0.03			残
	2	1.0	0.15	0.03			残
	3	2.0	0.15	0.03			残
	4	0.2	0.7	0.03			残
	5	1.0	0.7	0.03			残
	6	2.0	0.7	0.03			残
	7	0.2	1.5	0.03			残
	8	1.0	1.5	0.03			残
	9	2.0	1.5	0.03			残
	10	0.2	0.15	1.0			残
	11	1.0	0.15	1.0			残
	12	2.0	0.15	1.0			残
	13	0.2	0.7	1.0			残
	14	1.0	0.7	1.0			残
	15	2.0	0.7	1.0			残
	16	0.2	1.5	1.0			残
	17	1.0	1.5	1.0			残
	18	2.0	1.5	1.0			残
	19	0.2	0.15	3.0			残
	20	1.0	0.15	3.0			残
	21	2.0	0.15	3.0			残
	22	0.2	0.7	3.0			残
	23	1.0	0.7	3.0			残
	24	2.0	0.7	3.0			残
	25	0.2	1.5	3.0			残
	26	1.0	1.5	3.0			残
	27	2.0	1.5	3.0			残
	28	1.0	1.0	1.0	0.1		残
	29	1.0	1.0	1.0	0.5		残
	30	1.0	1.0	1.0	1.0		残
	31	1.0	1.0	1.0		0.05	残
	32	1.0	1.0	1.0		0.5	残
	33	1.0	1.0	1.0		1.0	残
	34	1.0	1.0	1.0	0.1	0.05	残
	35	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	残
	36	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	残

No.	化 学 成 分 (重量%)											MM: ミッシュメタル	
	Mg	Si	Sc	Cu	Ag	Fe	Mn	Cr	V	Ni	Mo	MM	
37	0.2	0.15	0.03			0.01							
38	1.0	1.0	1.0			0.25							
39	2.0	1.5	3.0			0.5							
40	0.2	0.15	0.03				0.01						
41	1.0	1.0	1.0				0.5						
42	2.0	1.5	3.0				1.5						
43	0.2	0.15	0.03					0.01					
44	1.0	1.0	1.0					0.3					
45	2.0	1.5	3.0					0.6					
46	0.2	0.15	0.03						0.01				
47	1.0	1.0	1.0						0.2				
48	2.0	1.5	3.0						0.5				
49	0.2	0.15	0.03							0.05			
50	1.0	1.0	1.0							0.5			
51	2.0	1.5	3.0							1.0			
52	0.2	0.15	0.03								0.01		
53	1.0	1.0	1.0								0.2		
54	2.0	1.5	3.0								0.5		
55	0.2	0.15	0.03									0.05	
56	1.0	1.0	1.0									1.0	
57	2.0	1.5	3.0									2.0	
58	0.2	0.15	0.03	0.1		0.01							
59	1.0	1.0	1.0	0.5		0.25							
60	2.0	1.5	3.0	1.0		0.5							
61	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5	0.25							
62	0.2	0.15	0.03		0.05		0.01						
63	1.0	1.0	1.0		0.5		0.5						
64	2.0	1.5	3.0		1.0		1.5						
65	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5		0.5						
66	0.2	0.15	0.03	0.1				0.01					
67	1.0	1.0	1.0	0.5				0.3					
68	2.0	1.5	3.0	1.0				0.6					
69	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5			0.3					
70	0.2	0.15	0.03		0.05				0.01				
71	1.0	1.0	1.0		0.5				0.2				
72	2.0	1.5	3.0		1.0				0.5				
73	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5				0.2				

分類: 本発明合金

Al: 残

【0029】

【表3】

分類	No.	化 学 成 分 (重量%)										MM:ミッシュメタル						
		Mg	Si	Sc	Cu	Ag	Fe	Mn	Cr	V	Ni	Mo	MM	Ti	B	Zr	Al	
比較合金	168	0.2	0.15	0.03										0.3			残 残 残 残 残	
	169	1.0	1.0	1.0											0.1			
	170	2.0	1.5	3.0												0.35		
	171	0.2	0.15	0.03	0.5	0.5								0.3				
	172	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5									0.1			
	173	2.0	1.5	3.0	0.5	0.5										0.35		
	174	1.0	1.0	1.0			0.2							0.3			残 残 残 残 残	
	175	1.0	1.0	1.0				0.5							0.1			
	176	1.0	1.0	1.0					0.2							0.35		
	177	1.0	1.0	1.0						0.1				0.3				
	178	1.0	1.0	1.0							0.5				0.1			
	179	1.0	1.0	1.0								0.1				0.35	残 残 残 残 残	
	180	1.0	1.0	1.0									1.0	0.3				
	181	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.2							0.3				残 残 残 残 残
	182	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5		0.5							0.1			
	183	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5			0.2							0.35		
	184	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5				0.1				0.3				
	185	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5					0.5				0.1		残 残 残	
	186	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5						0.1				0.35		
	187	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5							1.0	0.3				

【0036】

【表10】

	No.	化 学 成 分 (重量%)					
		Mg	Si	Sc	Cu	Cr	Al
従来合金	188	0.7	0.4				残
	189	1.0	0.6		0.25	0.1	残
	190	0.6	0.7		0.1		残

No. 188: A6063

No. 189: A6061

No. 188: A6N01

【0037】

【表11】

No	押出性		引張特性		耐溶接性		耐マイクロ割れ性		耐食性		総合評価
	押出速度 (m/min)	評価	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	評価	割れ長さ (mm)	評価	割れの 有無	評価	腐食の 有無	評価	
1	75	◎	169	◎	38	◎	無し	◎	無し	◎	◎
2	42	◎	187	◎	41	◎	無し	◎	無し	◎	◎
3	30	◎	198	◎	45	◎	無し	◎	無し	◎	◎
4	74	◎	206	◎	35	◎	無し	◎	無し	◎	◎
5	40	◎	215	◎	39	◎	無し	◎	無し	◎	◎
6	29	◎	256	◎	43	◎	無し	◎	無し	◎	◎
7	72	◎	263	◎	33	◎	無し	◎	無し	◎	◎
8	39	◎	272	◎	37	◎	無し	◎	無し	◎	◎
9	28	◎	340	◎	40	◎	無し	◎	無し	◎	◎
10	75	◎	171	◎	33	◎	無し	◎	無し	◎	◎
11	42	◎	190	◎	35	◎	無し	◎	無し	◎	◎
12	30	◎	199	◎	39	◎	無し	◎	無し	◎	◎
13	74	◎	207	◎	49	◎	無し	◎	無し	◎	◎
14	41	◎	217	◎	33	◎	無し	◎	無し	◎	◎
15	29	◎	257	◎	37	◎	無し	◎	無し	◎	◎
16	73	◎	265	◎	77	◎	無し	◎	無し	◎	◎
17	40	◎	275	◎	22	◎	無し	◎	無し	◎	◎
18	28	◎	341	◎	35	◎	無し	◎	無し	◎	◎
19	74	◎	173	◎	28	◎	無し	◎	無し	◎	◎
20	41	◎	192	◎	31	◎	無し	◎	無し	◎	◎
21	29	◎	200	◎	33	◎	無し	◎	無し	◎	◎
22	72	◎	209	◎	24	◎	無し	◎	無し	◎	◎
23	40	◎	219	◎	30	◎	無し	◎	無し	◎	◎
24	28	◎	259	◎	31	◎	無し	◎	無し	◎	◎
25	72	◎	268	◎	11	◎	無し	◎	無し	◎	◎
26	39	◎	277	◎	28	◎	無し	◎	無し	◎	◎
27	27	◎	343	◎	30	◎	無し	◎	無し	◎	◎
28	38	◎	301	◎	33	◎	無し	◎	無し	◎	◎
29	35	◎	329	◎	38	◎	無し	◎	無し	◎	◎
30	32	◎	365	◎	40	◎	無し	◎	無し	◎	◎
31	39	◎	275	◎	28	◎	無し	◎	無し	◎	◎
32	37	◎	300	◎	55	◎	無し	◎	無し	◎	◎
33	35	◎	343	◎	11	◎	無し	◎	無し	◎	◎
34	33	◎	306	◎	31	◎	無し	◎	無し	◎	◎
35	33	◎	335	◎	67	◎	無し	◎	無し	◎	◎
36	29	◎	370	◎	7	◎	無し	◎	無し	◎	◎

分類：本発明合金

【0038】

【表12】



No	押出性		引張特性		耐溶接割れ性		耐マイクロ割れ性		耐食性		総合評価
	押出速度 (mm/min)	評価	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	評価	割れ長さ (mm)	評価	割れの 有無	評価	腐食の 有無	評価	
37	73	◎	170	○	37	◎	無し	○	無し	○	○
38	38	◎	220	○	28	◎	無し	○	無し	○	○
39	25	◎	345	◎	25	◎	無し	○	無し	○	○
40	70	◎	198	◎	38	◎	無し	○	無し	○	○
41	36	◎	295	◎	30	◎	無し	○	無し	○	○
42	20	◎	358	◎	29	◎	無し	○	無し	○	○
43	73	◎	199	◎	37	◎	無し	○	無し	○	○
44	37	◎	312	◎	30	◎	無し	○	無し	○	○
45	24	○	390	◎	28	◎	無し	○	無し	○	○
46	73	◎	197	○	25	◎	無し	○	無し	○	○
47	37	◎	290	◎	23	◎	無し	○	無し	○	○
48	25	◎	345	◎	21	◎	無し	○	無し	○	○
49	72	◎	185	◎	32	◎	無し	○	無し	○	○
50	38	◎	283	◎	34	◎	無し	○	無し	○	○
51	22	◎	333	◎	38	◎	無し	○	無し	○	○
52	72	◎	188	◎	27	◎	無し	○	無し	○	○
53	38	◎	290	◎	25	◎	無し	○	無し	○	○
54	22	○	341	◎	23	◎	無し	○	無し	○	○
55	72	◎	205	○	25	◎	無し	○	無し	○	○
56	38	◎	301	◎	20	◎	無し	○	無し	○	○
57	22	○	355	◎	17	◎	無し	○	無し	○	○
58	70	◎	205	○	42	○	無し	○	無し	○	○
59	35	◎	329	◎	35	○	無し	○	無し	○	○
60	21	◎	338	◎	31	○	無し	○	無し	○	○
61	20	◎	342	◎	28	◎	無し	○	無し	○	○
62	67	◎	206	◎	36	◎	無し	○	無し	○	○
63	33	◎	331	◎	27	◎	無し	○	無し	○	○
64	19	◎	341	◎	23	◎	無し	○	無し	○	○
65	18	○	345	◎	25	◎	無し	○	無し	○	○
66	70	◎	206	○	40	○	無し	○	無し	○	○
67	34	◎	346	◎	35	○	無し	○	無し	○	○
68	21	◎	460	◎	32	◎	無し	○	無し	○	○
69	20	◎	465	◎	28	◎	無し	○	無し	○	○
70	70	◎	205	◎	20	◎	無し	○	無し	○	○
71	34	◎	330	◎	15	◎	無し	○	無し	○	○
72	22	◎	336	◎	11	◎	無し	○	無し	○	○
73	21	○	340	◎	15	◎	無し	○	無し	○	○

分類：本発明合金

【0039】

【表13】

No	押出性		引張特性		耐溶接割れ性		耐マイクロ割れ性		耐食性		総合評価
	押出速度 (mm/min)	評価	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	評価	割れ長さ (mm)	評価	割れの 有無	評価	腐食の 有無	評価	
74	69	◎	207	○	35	○	無し	○	無し	○	○
75	33	◎	331	◎	41	○	無し	○	無し	○	○
76	21	○	337	◎	46	○	無し	○	無し	○	○
77	20	○	342	◎	44	○	無し	○	無し	○	○
78	70	◎	206	◎	25	◎	無し	○	無し	○	○
79	36	◎	332	◎	21	◎	無し	○	無し	○	○
80	20	○	342	◎	10	◎	無し	○	無し	○	○
81	18	○	346	◎	15	◎	無し	○	無し	○	○
82	69	◎	210	○	22	◎	無し	○	無し	○	○
83	35	◎	335	◎	18	◎	無し	○	無し	○	○
84	20	○	345	◎	17	◎	無し	○	無し	○	○
85	18	○	350	◎	12	◎	無し	○	無し	○	○
86	75	◎	170	○	35	○	無し	○	無し	○	○
87	40	◎	218	○	25	◎	無し	○	無し	○	○
88	26	○	343	◎	22	◎	無し	○	無し	○	○
89	75	◎	171	○	32	◎	無し	○	無し	○	○
90	40	◎	218	○	23	◎	無し	○	無し	○	○
91	26	○	344	◎	20	◎	無し	○	無し	○	○
92	75	◎	172	○	31	◎	無し	○	無し	○	○
93	39	◎	219	○	24	◎	無し	○	無し	○	○
94	25	○	345	◎	21	◎	無し	○	無し	○	○
95	72	◎	204	○	35	○	無し	○	無し	○	○
96	35	◎	330	◎	34	○	無し	○	無し	○	○
97	21	○	340	◎	33	◎	無し	○	無し	○	○
98	73	◎	210	○	25	◎	無し	○	無し	○	○
99	34	◎	302	◎	20	◎	無し	○	無し	○	○
100	23	○	341	◎	10	◎	無し	○	無し	○	○
101	71	◎	212	○	30	◎	無し	○	無し	○	○
102	33	◎	332	◎	28	◎	無し	○	無し	○	○
103	19	○	345	◎	27	◎	無し	○	無し	○	○
104	73	◎	171	○	32	○	無し	○	無し	○	○
105	37	◎	222	◎	22	◎	無し	○	無し	○	○
106	25	○	346	◎	21	◎	無し	○	無し	○	○

分類：本発明合金

【0040】

【表14】

No	押出性		引張特性		耐溶接割れ性		耐マイクロ割れ性		耐食性		総合評価
	押出速度 (mm/min)	評価	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	評価	割れ長さ (mm)	評価	割れの 有無	評価	腐食の 有無	評価	
107	71	◎	199	◎	35	◎	無し	○	無し	○	○
108	35	◎	297	◎	25	◎	無し	○	無し	○	○
109	20	◎	360	◎	24	◎	無し	○	無し	○	○
110	73	◎	200	◎	32	◎	無し	○	無し	○	○
111	36	◎	313	◎	26	◎	無し	○	無し	○	○
112	23	○	391	◎	22	◎	無し	○	無し	○	○
113	72	◎	198	○	21	◎	無し	○	無し	○	○
114	37	◎	291	◎	18	◎	無し	○	無し	○	○
115	25	◎	246	◎	15	◎	無し	○	無し	○	○
116	71	◎	186	◎	28	◎	無し	○	無し	○	○
117	38	◎	284	◎	30	◎	無し	○	無し	○	○
118	21	○	335	◎	35	○	無し	○	無し	○	○
119	71	◎	199	○	25	◎	無し	○	無し	○	○
120	37	◎	291	◎	24	◎	無し	○	無し	○	○
121	21	◎	343	◎	22	◎	無し	○	無し	○	○
122	71	◎	207	◎	20	◎	無し	○	無し	○	○
123	37	◎	302	◎	15	◎	無し	○	無し	○	○
124	21	○	357	◎	13	◎	無し	○	無し	○	○
125	70	◎	206	○	40	○	無し	○	無し	○	○
126	35	◎	330	◎	33	○	無し	○	無し	○	○
127	20	◎	340	◎	28	◎	無し	○	無し	○	○
128	66	◎	207	◎	35	◎	無し	○	無し	○	○
129	32	◎	333	◎	22	◎	無し	○	無し	○	○
130	19	◎	342	◎	20	◎	無し	○	無し	○	○
131	69	◎	207	◎	38	◎	無し	○	無し	○	○
132	34	◎	346	◎	34	○	無し	○	無し	○	○
133	20	○	461	◎	30	○	無し	○	無し	○	○
134	70	◎	207	○	19	◎	無し	○	無し	○	○
135	33	◎	331	◎	10	◎	無し	○	無し	○	○
136	20	◎	337	◎	7	◎	無し	○	無し	○	○
137	68	◎	208	◎	33	◎	無し	○	無し	○	○
138	32	◎	332	◎	39	◎	無し	○	無し	○	○
139	20	○	338	◎	40	○	無し	○	無し	○	○

分類：本発明合金

【0011】

【表15】

No	押出性		引張特性		耐溶接性		耐マイクロ割れ性		耐食性		総合評価
	押出速度 (m/min)	評価	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	評価	割れ長さ (mm)	評価	割れの 有無	評価	腐食の 有無	評価	
140	69	◎	207	◎	23	◎	無し	○	無し	○	○
141	35	◎	333	◎	18	◎	無し	○	無し	○	○
142	20	◎	344	◎	5	◎	無し	○	無し	○	○
143	68	◎	212	◎	20	◎	無し	○	無し	○	○
144	35	◎	336	◎	16	◎	無し	○	無し	○	○
145	18	○	347	◎	12	◎	無し	○	無し	○	○
146	75	◎	145	×	64	×	有り	×	無し	○	×
147	16	×	313	◎	43	○	有り	×	有り	×	×
148	50	◎	147	×	60	×	有り	×	有り	×	×
149	17	×	399	◎	40	×	有り	×	有り	×	×
150	43	◎	143	×	55	×	有り	×	有り	×	×
151	17	×	440	◎	35	○	無し	○	有り	×	×
152	15	×	435	◎	65	×	有り	×	有り	×	×
153	16	×	430	◎	55	×	無し	○	無し	○	×
154	17	×	225	○	25	◎	有り	×	有り	×	×
155	13	×	300	◎	28	◎	有り	×	有り	×	×
156	15	×	321	◎	22	◎	有り	×	有り	×	×
157	16	×	295	◎	20	◎	有り	○	有り	×	×
158	14	×	290	◎	51	×	有り	×	有り	×	×
159	14	×	293	◎	22	◎	有り	×	有り	×	×
160	16	×	310	◎	14	◎	無し	○	有り	×	×
161	13	×	330	◎	27	◎	有り	×	有り	×	×
162	10	×	333	◎	31	○	有り	×	有り	×	×
163	11	×	356	◎	25	◎	有り	×	有り	×	×
164	12	×	332	◎	25	×	有り	○	有り	×	×
165	10	×	335	◎	53	×	有り	×	有り	×	×
166	10	×	336	◎	23	◎	有り	×	有り	×	×
167	11	×	338	◎	20	◎	無し	○	有り	×	×
168	70	◎	172	○	34	○	有り	×	有り	×	×
169	39	◎	219	○	22	◎	有り	×	有り	×	×
170	26	◎	344	○	19	◎	有り	×	有り	×	×
171	65	◎	205	○	33	○	有り	×	有り	×	×
172	33	◎	332	◎	20	◎	有り	×	有り	×	×
173	20	○	341	◎	18	◎	有り	×	有り	×	×

分類: 本発明合金(No. 140 ~160)、 比較合金(No. 168 ~173)

【0042】

【表16】

No	押出性		引張特性		耐溶接性		耐マイクロ割れ性		耐食性		総合評価
	押出速度 (m/min)	評価	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	評価	割れ長さ (mm)	評価	割れの 有無	評価	腐食の 有無	評価	
174	36	◎	223	○	21	◎	有り	×	有り	×	×
175	33	◎	298	◎	24	◎	有り	×	有り	×	×
176	32	◎	314	◎	24	◎	有り	×	有り	×	×
177	36	◎	292	◎	17	◎	有り	○	有り	×	×
178	35	◎	285	◎	30	○	有り	×	有り	×	×
179	32	◎	292	◎	23	◎	有り	×	有り	×	×
180	30	◎	303	◎	14	◎	無し	○	有り	×	×
181	31	◎	331	◎	20	◎	有り	×	有り	×	×
182	28	○	335	◎	23	◎	有り	×	有り	×	×
183	27	○	340	◎	22	◎	有り	×	有り	×	×
184	30	◎	332	◎	17	◎	有り	○	有り	×	×
185	29	◎	335	◎	29	◎	有り	×	有り	×	×
186	29	◎	332	◎	23	◎	有り	×	有り	×	×
187	25	○	334	◎	13	◎	無し	○	有り	×	×

分類: 比較合金

【0043】

【表17】

